N° 398

ÉTUDE

SUR LE SANG

SYNTHÈSE

PRÉSENTÉE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE MONTPELLIER

LE JANVIER 1887

PAR

Benjamin VIGNÉ

Né au Pouget (Hérault)

Ex-Interne des hôpitaux de Montpellier

Pour obtenir le grade de Pharmacien de 1re classe

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

MONTPELLIER
IMPRIMERIE CRISTIN, SERRE ET RICOME, RUE VIEILLE-INTENDANCE, 5
SERRE ET RICOME, SUCCESSEURS
1887

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546007_0199

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

A MON FRÈRE

A MES PARENTS

A MES AMIS

A MES MAITRES

B. VIGNÉ.

La respiration est la fonction de l'économie qui a pour but la transformation du sang veineux en sang artériel. Cette transformation se fait par l'intermédiaire de l'air qui est introduit dans l'intérieur du poumon, entre en contact immédiat avec le sang veineux et le rend apte à nourrir et à vivifier les organes.

On voit donc par ce qui précède quelle est l'importance du sang au point de vue physiologique ; aussi avons-nous cru devoir étudier et faire connaître sa constitution chimique, ses principales propriétés et la nature de ses éléments les plus importants. Nous n'avons fait que condenser sous un petit volume et résumer les travaux parus jusqu'à ce jour sur cette question ; nous n'avons pu traiter comme il le méritait ce sujet si important et si vaste, le temps nous ayant manqué. Sans avoir la prétention d'innover, nous avons cru faire un travail utile; c'est dans l'espoir qu'il sera favorablement accueilli par l'indulgence de nos Maîtres, que nous le leur soumettons.

ÉTUDE

SUR LE SANG

Le sang est le liquide qui circule dans les vaisseaux artériels et veineux ; il y est mis en mouvement par le cœur ou par les organes qui en tiennent lieu chez les animaux inférieurs.

Le sang est rouge chez les vertébrés, rouge brun chez les annélides, rose jaune ou violet pâle chez les mollusques et incolore chez les autres animaux.

Nous ne nous occuperons que du sang des vertébrés. Ce sang n'est pas un liquide identique dans les divers points de son trajet ; le sang artériel est très différent du sang veineux et, chez le même animal, le sang qui sort de deux organes différents n'a pas la même composition ; cette composition varie d'ailleurs suivant l'espèce d'animal que l'on considère. Pour éviter toute confusion, nous décrirons d'abord d'une manière générale le sang, sauf à étudier ensuite ses principales variations.

Le sang est un liquide un peu visqueux, rouge pourpre plus ou moins foncé, opaque même sous une faible épaisseur, d'odeur fade, de saveur alcaline.

La couleur et l'opacité du sang sont dues aux globules rouges. Ceux-ci, quoique translucides, possèdent un pouvoir réfringent plus grand que le liquide où ils nagent: ils réfractent donc les faisceaux lumineux qui les traversent et qui se diffusent dans la masse par suite de ces réfractions multiples.

L'odeur et la saveur du sang varient pour chaque animal. L'odeur est due à des principes volatils inconnus et aussi en partie à des acides gras, volatils, dont l'acide carbonique dissous peut déplacer une trace en agissant sur leurs sels. En effet, si l'on traite diverses espèces de sang par l'acide sulfurique, on met en liberté ces acides gras (acétique, butyrique, caproïque), en même temps que le sang répand une odeur forte et désagréable (Barruel).

La densité du sang normal peut varier non seulement chez les différents animaux mais encore chez le même individu. Chez l'homme, elle est en moyenne de 1,055, mais elle varie entre 1,030 et 1,075. La densité du sang du bœuf est de 1,060 en moyenne; celle du sang de mouton de 1,050 à 1,060. La densité est plus faible chez la femelle et le jeune animal.

Le sang est alcalin; il doit cette propriété à du bicarbonate et à du phosphate tribasique de soude qu'il renferme en solution.

La température du sang dans les vaisseaux est comprise entre 36° et 41°; elle varie chez le même animal d'une manière sensible: le sang du ventricule droit a une température plus élevée que le sang du ventricule gauche; la température du sang varie aussi dans divers vaisseaux.

Si l'on regarde le sang au microscope, on voit qu'il est constitué par un liquide incolore, le plasma sanguin, dans lequel nagent une multitude de globules de deux sortes: les uns sont rouges, très nombreux, en forme de disques circulaires, aplatis; ce sont les globules rouges ou hématies; les

autres sont blancs, chagrinés, irrégulièrement sphériques, moins nombreux, plus grands ; ce sont les globules blancs ou leucocytes. On voit en outre nager à côté d'eux un certain nombre de granulations irrégulières.

Abandonné à lui-même, hors des vaisseaux, le sang se coagule ; cette coagulation est plus rapide chez les animaux à sang chaud que chez ceux à sang froid ; chez l'adulte et l'individu vigoureux que chez l'individu chétif, pour le sang artériel que pour le sang veineux. D'après Nasse, la coagulation a lieu pour l'homme entre 1'46" et 6' après la saignée. Le caillot est formé de fibrine qui emprisonne les globules dans ses mailles. Il se contracte lentement et exprime un liquide transparent et ambré, le sérum ; c'est du plasma moins la fibrine. Le sang absorbe certains gaz, se combine surtout avec l'oxygène. L'oxygène est en faible proportion à l'état de dissolution dans le sang ; la plus grande partie de ce gaz est combinée à l'hémoglobine du globule sanguin, peu avec le sérum

Dans l'organisme, le sang fixe (en circulant dans les capillaires des alvéoles pulmonaires) une partie de l'oxygène de l'air introduit par inspiration dans les poumons (sang artériel, rouge) ; il transporte cet oxygène dans les tissus où il le cède aux matières oxydables et se charge d'anhydride carbonique (sang veineux, brun). Les derniers termes des produits d'oxydation, urée, anhydride carbonique, eau, sont destinés à être éliminés. Les diverses substances, graisses, matières albuminoïdes, qui subissent une oxydation lente, ne sont oxydées que peu à peu et l'on trouve dans l'économie et les excrétions une série de produits intermédiaires.

Composition moyenne du sang normal. — Le sang est constitué ainsi qu'il suit:

1° Globules { rouges, blancs } } caillot.
2° Plasma { fibrine, sérum }
3° Gaz

100 parties de sang renferment de 35 à 39 parties de globules humides et de 61 à 65 parties de plasma. 100 volumes de sang renferment de 50 à 60 volumes de gaz. 1000 gr. de sang contiennent les quantités relatives suivantes de globules humides, c'est-à-dire tels qu'ils existent dans nos organes et du plasma où ils nagent:

	SANG HUMAIN		SANG DE CHEVAL	
	Schmidt.	Becquerel et Rodier	Hoppe-Seyler	Sacharjin
Globules....	396,2	369,8	326,2	354
Plasma.....	603,8	630,2	673.8	646

Les globules humides, c'est-à-dire tels qu'ils existent dans le sang, contiennent 60 à 67 p. 100 d'eau et 40 à 33 p. 100 de matières solides ; le plasma contient de 90,4 à 91,2 d'eau et 8,8 à 9,6 p. 100 de substances fixes dissoutes. Voici du reste pour le sang humain la composition moyenne de ses deux parties constitutives:

1000 gr. de globules contiennent:			*1000 gr. de plasma contiennent:*		
	Strecker	Denis		Strecker	Denis
Eau.....	688 0	642,0	Eau.....	903,0	905,7
Hémoglob. et stroma.	299,0	341,1	Fibrine concrète...	4,0	3,9
Graisses.....	2,3		Matièes albuminoïdes	78,8	77,0
Matières extractives.	2,6	16,1	Graisses.....	1,7	
— minérales..	8,1		Matières extractives.	3,9	13,4
			Sels.....	8,6	
	1000,0	999,20		1000	1000

Séparation des globules et du plasma. — C'est Müller qui a effectué le premier cette séparation dans une expérience restée célèbre. En retardant légèrement la coagulation du sang de grenouille par l'addition de quelques gouttes d'eau sucrée, il est parvenu à le filtrer. Le plasma incolore ainsi obtenu se coagule au bout de quelques minutes dans le verre où il est tombé et fournit un coagulum de fibrine décoloré; les globules restent sur le filtre.

La coagulation du sang de cheval est retardée assez longtemps par le froid pour que le dépôt des globules puisse s'effectuer. Hoppe-Seyler a mis à profit cette propriété pour se procurer des quantités notables de plasma. Du sang de cheval est recueilli dans des éprouvettes minces, refroidies à — 12° à l'aide d'un mélange de glace et de sel marin. Au bout de quelques heures environ, le sang ne s'est pas encore coagulé et s'est séparé en trois couches : l'inférieure opaque, d'un rouge foncé, forme environ la moitié du volume total, et contient les globules rouges; la moyenne grise, opaque, très peu élevée (1/20 de la hauteur de la précédente) est constituée par les corpuscules blancs et les granulations; la supérieure transparente et d'un jaune d'ambre est le plasma qu'on décante avec précaution. A 0° ce dernier se maintient longtemps à l'état liquide et peut être conservé à cette température pendant 48 à 60 heures; mais lorsqu'on laisse la température remonter vers 10 ou 15°, il se prend bientôt en un caillot incolore, formé de fibrine qui se contracte lentement et expulse son sérum comme le fait le caillot du sang lui-même.

Quant aux globules, il est difficile de les séparer du plasma qu'ils renferment encore. Hoppe-Seyler dose la fibrine dans le précipité des globules, et comme celle-ci n'est contenue que dans le plasma, on peut, connaissant la teneur du plasma

pur en cette substance (ce qui est facile à déterminer), conclure d'après le poids de la fibrine la quantité de plasma mêlée aux globules et en tenir compte dans les recherches et analyses faites sur les globules ainsi séparés par simple dépôt. Ce procédé peut donner le rapport exact entre les globules humides et le plasma dans le sang de cheval. Cette méthode s'applique seulement au sang de cheval qui a la propriété de ne se coaguler que très lentement.

Il existe d'autres procédés qui permettent d'arriver au même résultat. Un des plus ingénieux, bien qu'il ne soit pas commode à appliquer dans les laboratoires, est celui de Salet et Daremberg. Il consiste à soumettre à un mouvement de rotation très rapide le sang recueilli dans un tube à sa sortie de la veine. Sous l'influence de la force centrifuge, les globules tendent à se réunir au fond du tube où ils forment une masse que surmonte le plasma.

Il y a encore d'autres procédés pour effectuer la séparation des globules et du plasma, en retardant la coagulation du sang par l'addition de certains sels ou mélanges salins. Ces procédés sont moins corrects, car les substances étrangères ajoutées altèrent les éléments constitutifs du sang. Hewson reçoit le sang au sortir de la veine dans une solution concentrée de sulfate de soude qu'il agite lentement ; ce sang ne se coagule plus, les globules se déforment et tombent au fond. Il sépare les globules par décantation, les recueille sur un filtre, les lave avec une solution concentrée de sulfate de soude et les obtient exempts de plasma. A. Schmidt a substitué au sulfate de soude le sulfate de magnésie. A. Gauthier préfère le sel marin ou un mélange de sulfate de magnésie et de chlorhydrate d'ammoniaque. Ce chimiste fait couler lentement le sang au sortir de la veine dans une solution refroidie et étendue de sulfate de magnésie 2 °/₀ et de chlorhydrate d'ammoniaque 2 °/₀. Dans

cette solution, les globules se déposent sans s'altérer et conservent même si bien toute leur matière colorante, qu'elle ne communique pas sa teinte rougeâtre au liquide qui surnage. On peut alors les verser sur un filtre et les laver avec la solution saline précédente, le liquide filtré ne se coagule pas.

CONSTITUTION CHIMIQUE DU SANG.

Les globules rouges sont essentiellement formés d'une matière azotée, colorée, cristallisable, l'oxyhémoglobine. Cette matière forme les 9/10 environ du poids des matières fixes des globules et renferme une petite quantité de fer. Parmi les matières solides des globules, il y a la matière albuminoïde qui constitue les enveloppes ou le stroma, et qui semble identique avec la globuline de Denis. Les globules contiennent aussi d'autres matières en petite quantité, telles que la lécithine, la cholestérine, divers sels, etc. Le plasma contient la matière albuminoïde qui forme la fibrine, la plasmine de Denis. Il renferme, en outre, les matériaux du sérum, séparé après la coagulation du plasma ou du sang. Le sérum est une solution aqueuse de diverses matières albuminoïdes, surtout de l'albumine du sérum ou sérine. Il renferme encore diverses matières qui restent en solution après l'évaporation des matières albuminoïdes.

GLOBULES ROUGES DU SANG.

Ils ont été découverts en 1658 par Swammerdam dans le sang de grenouille, et en 1673 par Leuwenœk dans le sang humain. Hewson reconnut le premier qu'ils présentaient chez l'homme et les mammifères la forme discoïde.

Vus au microscope, ils ont la forme de disques circulaires chez l'homme et les mammifères, ovale ou elliptique chez le chameau, chez les oiseaux, les poissons et les reptiles. Les globules du sang humain sont aplatis, discoïdes, renflés sur les bords, et présentent une dépression au centre ; leur diamètre varie entre 0^{mm}0000074 et 0^{mm}0000080. Les globules elliptiques des reptiles sont plus grands que ceux des mammifères. Le nombre des globules est immense; sous le microscope, ils paraissent remplir la masse du sang tout entier ; d'après les évaluations de Vierodt et Welcker, 1 millimètre cube de sang renfermerait environ 5,000,000 d'hématies.

Les globules rouges constituent une masse homogène dépourvue de noyau, au moins pendant la vie extra-utérine; les globules du sang de fœtus, généralement plus nombreux, présentent au contraire, des noyaux. La structure des hématies a été l'objet d'un grand nombre de travaux, sans qu'on puisse dire que la science soit définitivement fixée à cet égard. Il est certain, en effet, que les agents physiques et les véhicules, tels que l'eau alcoolisée ou le sérum iodé, qui ont été employés dans ces recherches, peuvent altérer la structure des globules et même la constitution chimique de leurs matériaux, ce qui paraît de nature à jeter quelques doutes sur les résultats de ces expériences.

On s'accordait à admettre, il y a quelques années, que les globules sanguins, véritables cellules, présentent une membrane qui leur sert d'enveloppe et un contenu demi-liquide coloré en rouge. Il semble qu'il faille revenir à cette opinion qui avait été abandonnée à la suite des travaux de Rollet. D'après ce physiologiste, les hématies, dépourvues d'enveloppes, seraient formées par une trame organique solide, molle, incolore, qu'il a appelé stroma, et qui serait imprégnée comme une éponge, d'un liquide coloré, très épais,

essentiellement formé d'hémoglobine. On réussit, en effet, à enlever ce liquide par divers procédés, de manière à laisser une partie insoluble, enveloppe ou stroma. Voici le procédé de M. Rollet.

Dans une capsule métallique fortement refroidie au-dessous de 0°, on laisse tomber goutte à goutte du sang défibriné de cheval, de chien ou de cochon d'Inde, de telle façon que chaque goutte se congèle immédiatement. On laisse ensuite le tout se réchauffer à + 20°. Le sang liquéfié de nouveau a perdu son aspect primitif : il est devenu rouge groseille et transparent. Lorsqu'on examine cette liqueur au microscope, on reconnaît que les globules sanguins ont perdu leur couleur en conservant leur forme; ils nagent dans un liquide rouge homogène. Par le refroidissement, le globule s'est contracté et a expulsé son hémoglobine qui s'est dissoute dans le sérum et la partie insoluble, enveloppe ou stroma, est restée.

Les observations suivantes de M. Ranvier démontrent l'existence d'une membrane périphérique, sans infirmer d'ailleurs celle d'une trame organique solide dans l'épaisseur des globules.

Lorsqu'on met une ou deux gouttes d'eau sur le bord de la lamelle avec laquelle on vient de recouvrir une goutte de sang pour l'examiner au microscope, l'eau pénètre par capillarité entre les deux lames, atteint les globules, les déforme et dissout leur contenu. Lorsque cette action est terminée, on aperçoit une solution colorée en jaune sur laquelle se détachent des globules sphériques. L'enveloppe des globules et les globules eux-mêmes ont donc subi un changement de forme; en même temps, la matière colorante a été extravasée. L'alcool étendu (deux parties d'eau pour une partie d'alcool à 36°) agit comme l'eau; seulement dans ce cas, les globules décolorés prennent la forme de

vésicules à double contour très net, condition qui accuse l'existence d'une membrane.

D'autre part, si l'on traite les hématies par de l'acide chlorhydrique très étendu, on voit leur intérieur se liquéfier et les noyaux, s'ils en contiennent, venir tomber à la partie la plus déclive de ces éléments, réduits dès lors à l'état de petites vésicules pleines de liquide.

Les recherches de M. Ranvier ont mis hors de doute la nature cellulaire des globules rouges des reptiles : ces globules sont limités par une couche périphérique. A part les noyaux, les hématies des mammifères possèdent probablement la même structure, car on peut se demander si les expériences propres à mettre en évidence l'existence du stroma, la congélation en particulier, ne sont pas de nature à détruire la membrane. Si l'on considère le rôle des globules sanguins, leur composition parfaitement distincte de celle du sérum, dans lequel ils nagent, il paraît difficile d'admettre qu'ils ne soient pas protégés par une membrane. Celle-ci est sans doute très molle et très fine et ses débris forment le stroma ou se confondent avec lui, mais l'existence de cette membrane rendrait compte de la constitution particulière des globules et des variations qu'elle peut subir par l'effet des courants dialytiques.

La quantité de globules est variable dans le sang des divers animaux : l'oiseau a le sang plus riche, les batraciens et les ophidiens plus pauvres en hématies que les mammifères.

Composition chimique des globules.— Les analyses suivantes de Hoppe-Seyler et Judell indiquent les proportions suivant lesquelles les matériaux organiques sont contenus dans les globules secs provenant de divers sangs.

Les globules humides renferment chez les mammifères

une proportion d'eau qu'on peut évaluer aux 3/5 environ du poids total. Dans les globules du sang de cheval, Hoppe-Seyler évalue la proportion d'eau à 608,2 pour 1000.

Voici quelques analyses complètes de globules humides de Holbeck et de Bunge.

Globules du sang	de chien	de bœuf	de porc
Eau	569, 3	599,9	632,1
Matériaux solides	430, 7	400,1	367,9
Hémoglobine	412,51	280,5	261.6
Matières albuminoïdes		107,3	86,1
Cholestérine	1,26		
Lécithine	7,47	7,5	12,0
Matières extractives	2,97		
Sels minéraux	6,49	4,8	8,9

Matière albuminoïde des globules. — Elle forme les enveloppes et paraît aussi constituer les stromas, mais sa nature n'est pas encore bien connue. Denis, qui a appelé cette matière globuline, a indiqué le procédé suivant pour la retirer du sang d'oiseau dont les globules paraissent être riches en stroma. A du sang de poulet défibriné, on ajoute un égal volume d'une solution de sel marin au 1/10 et l'on agite de temps en temps. Au bout de quelques heures, les globules se sont agglutinés et forment une masse assez semblable à de l'empois. On divise ce magma visqueux en petites portions qu'on lave d'abord avec la solution de sel, puis avec de l'eau pure tant que celle-ci se colore. Le résidu est jeté sur des doubles de papier à filtre qui s'imbibe de l'eau interposée et de sel marin. Il reste une matière blanche, translucide, formée de granulations confuses, qui constitue la globuline de Denis.

Cette matière est insoluble dans l'eau pure, elle devient visqueuse et filante dans l'eau salée, sans s'y dissoudre

toutefois comme la fibrine et la myosine. Cette demi-solution est coagulée par l'eau, l'alcool, par les alcalis et les acides. Le coagulum formé par l'alcool se redissout à l'ébullition dans une quantité d'alcool suffisante. Celui qui est formé par l'eau se dissout en partie par l'ébullition et la partie soluble se comporte comme la caséine. Abandonnée pendant quelque temps à l'air ou au contact de l'alcool froid, la globuline perd la propriété de se gonfler dans l'eau salée. A l'état frais, elle se dissout dans les acides et les alcalis très étendus, ainsi que dans les cholates alcalins. Elle se dissout aussi dans le sérum chargé d'un peu d'éther, d'alcool ou de chloroforme. Ces propriétés ne paraissent pas appartenir à un principe bien défini. Il est à remarquer, en effet, que la matière albuminoïde retirée du sang de poulet par le procédé qu'on vient d'exposer, peut renfermer de la nucléine.

D'après quelques auteurs, les stromas renfermeraient de la paraglobuline (Hoppe-Seyler, Kühne). Récemment Hoppe-Seyler a décrit une expérience paraissant indiquer l'existence ou la formation de la fibrine dans les globules. Ayant ajouté avec précaution de l'eau pure à une bouillie de globules, préalablement lavée avec une solution de chlorure de sodium, il a vu se produire un léger coagulum fibrineux.

Nucléine. — Les noyaux des globules elliptiques renferment une matière qui paraît être identique avec la nucléine des globules du pus et qu'on peut isoler en faisant digérer avec du suc gastrique les globules elliptiques, préalablement traités par l'éther et lavés avec une solution de sel marin et épuisant ensuite par l'eau acidulée et l'alcool bouillant.

Lécithine et cholestérine des globules rouges. — Gobley a extrait le premier la lécithine du sang. On peut la retirer de l'éther aqueux, qu'on obtient dans la préparation de l'oxyhé-

moglobine et qu'on sépare par décantation de la solution aqueuse de cette dernière substance. Par l'évaporation, la solution éthérée laisse un résidu, en partie cristallin, que l'on mélange avec de l'eau. Le protagon ou la lécithine se gonfle et devient presque insoluble dans l'éther. Par des lavages répétés avec ce dissolvant, on la débarrasse des graisses et de la cholestérine. En la reprenant par l'alcool à 50° centésimaux, on peut la faire cristalliser. Quant à la cholestérine il suffit, pour l'avoir pure, de laver le résidu de l'évaporation de la solution éthérée par une petite quantité d'éther qui enlève les graisses neutres. Hoppe-Seyler a trouvé en moyenne 0 gr. 49 de cholestérine dans les globules de 1 litre de sang d'oie, et 0 gr. 48 dans ceux de 1 litre de sang de bœuf. A. Flint a retiré de 0 gr. 44 à 0 gr. 75 de cholestérine de 1 litre de sang veineux. La lécithine et la cholestérine existent aussi dans le sérum du sang.

Matières minérales des globules rouges. — Incinérés, les globules rouges laissent des cendres qui renferment divers sels minéraux et une certaine quantité d'oxyde de fer. Ces sels ne sont pas les mêmes que ceux du sérum. Le phosphate et le chlorure de potassium sont plus abondants dans les globules rouges, tandis que les sels de sodium, surtout le chlorure de sodium, prédominent dans le sérum. Dans les analyses suivantes, les auteurs ont tenu compte de la petite quantité de plasma qui était interposée entre les globules.

D'après Strecker, 1000 gr. de globules de sang humain supposés humides, c'est-à-dire tels qu'ils existent dans le sang, renferment :

Chlore	1,686
Acide sulfurique	0,066
Acide phosphorique	1,134

Potassium	3,828
Sodium	1,052
Phosphate de calcium	0,114
Phosphate de magnésium	0,073
Oxygène (combiné)	0,667
	8,620
Résidu fixe réel	8,12

D'après Schmidt, 1000 gr. de globules humides contiennent:

	Homme (25 ans)	Femme (30 ans)
Sulfate de potassium	0,132	0,157
Chlorure de potassium	3,679	3,414
Phosphate tribasique de potassium	2,343	2,108
— — de sodium	0,633	»
— — de calcium	0,094	0,218
— — de magnésium	0,060	
Potasse	»	0,857
Soude	0,134	0,205
	7,075	6,959

La potasse et la soude, qui figurent dans ces analyses comme étant libres, sont sans doute combinées dans les globules à des acides organiques que détruit l'incinération.

Une portion de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique des cendres des globules provient de l'oxydation du soufre et du phosphore contenus dans les matières organiques ; il est peu probable que l'acide sulfurique et l'acide phosphorique ainsi formés puissent, en réagissant sur les chlorures, chasser du chlore sous forme d'acide chlorhydrique.

Le fer n'a pas été mentionné dans les analyses parce que, étant principe constituant de l'hémoglobine, il ne fait pas

partie des sels minéraux contenus dans les globules, il y est mêlé seulement après l'incinération sous forme d'oxyde. Son existence est constante dans les globules rouges, sa proportion varie dans les diverses espèces de sang. 100 gr. de sang contiennent :

d'après Pelouze :	maximum	minimum
Homme	0,0537	0,0506
Bœuf.	0,0540	0,0480
Porc.	0,0595	0,0506
Poulet.	0,0357	»
Grenouille. . . .	0,0425	»

d'après Boussingault:	Fer
100 gr. de sang d'homme renferment ...	0,051
100 gr. de sang de bœuf renferment.....	0,048

Hémoglobine. — C'est la matière cristallisable qui forme la masse des globules rouges du sang. L'hémoglobine renferme du carbone, de l'oxygène, du soufre, de l'hydrogène, de l'azote et du fer ; les cristaux d'hémoglobine, extraits du sang de chien, ont fourni à Hoppe-Seyler les nombres suivants :

C	H	Az.	O	S	Fe
58,35	7,32	16,17	21,84	0,39	0,43

L'hémoglobine, préparée à l'air, renferme toujours de de l'oxygène faiblement combiné; cette combinaison est appelée oxyhémoglobine. L'oxyhémoglobine constitue les cristaux du sang (hématocristalline) ; elle existe dans les globules du sang artériel. L'hémoglobine non oxygénée est plus soluble dans l'eau que l'oxyhémoglobine, et, d'après Hoppe-Seyler, il est très difficile ou même impossible de la faire cristalliser. 1000 gr. de sang humain contiennent en moyenne 121 gr. d'hémoglobine. La même quantité de sang contient chez le chien 135 gr., chez le mouton 112 gr. Chez

l'homme, l'hémoglobine forme les 12/13 du poids total des matériaux du globule sec. Chez l'oiseau, le globule rouge, plus riche en globuline, contient une quantité d'hémoglobine bien moindre. L'hémoglobine est la seule matière colorante du sang.

L'hémoglobine amorphe peut être extraite du sang de tous les vertébrés; avec le sang du chien, du chat, etc., on l'obtient cristallisée; le sang humain se prête mal à la production des cristaux.

Voici comment on opère, d'après Hoppe-Seyler. Au sang défibriné, on ajoute 10 fois son volume d'une solution de chlorure de sodium contenant, pour un volume de solution saturé de sel, 9 à 10 volumes d'eau. On laisse reposer le mélange, dans un endroit frais, pendant un ou deux jours. Les globules sanguins se déposent. On décante le liquide et on verse le précipité dans un ballon en même temps qu'un peu d'eau; on ajoute un même volume d'éther et on agite vivement. On décante l'éther, on filtre rapidement le liquide aqueux et on ajoute, après refroidissement à 0°, le quart de son volume d'alcool, également refroidi à 0°. On abandonne le tout dans un mélange réfrigérant à — 5° pendant quelques jours. Avec le sang de rat, de cochon d'Inde, de chien, le précipité cristallin d'oxyhémoglobine se forme avec tant de rapidité par agitation des globules avec l'éther, qu'une partie de la substance se dépose déjà sur le filtre. Si ce dépôt présente un aspect cristallin, on le met en digestion avec de l'eau, au bain-marie à 35° environ; on filtre, on refroidit à 0° la liqueur filtrée, on ajoute le quart de son volume d'alcool et on abandonne le mélange. Cette méthode peut être employée pour faire recristalliser les cristaux d'oxyhémoglobine.

Les cristaux d'oxyhémoglobine et leurs solutions sont d'un beau rouge. Leur forme varie avec le sang des divers animaux. Les cristaux du sang d'homme, de cheval, de chien

sont prismatiques; ceux du cochon d'Inde et du rat constituent des tétraèdres; ceux du dindon sont cubiques.

Les cristaux d'oxyhémoglobine sont solubles dans l'eau; mais leur solubilité varie aussi avec la nature du sang. L'alcool et l'éther ne dissolvent pas ces cristaux. Les solutions étendues d'hémoglobine jouissent de propriétés optiques importantes. Lorsqu'on reçoit sur le prisme d'un spectroscope un faisceau de lumière qui a traversé une auge à faces parallèles, contenant une solution concentrée de sang oxygéné ou d'oxyhémoglobine, on ne voit plus le spectre intact. Les rayons rouges traversent seuls le milieu coloré; en ajoutant de l'eau, on voit successivement apparaître dans le spectre les rayons jaunes, verts, bleus, et enfin toutes les couleurs; mais il reste deux bandes d'absorption, même dans les liqueurs très étendues. Ces deux bandes sont situées entre les raies D et E du spectre.

Lorsqu'on traite une solution de sang ou d'oxyhémoglobine par un agent réducteur (hydrogène sulfuré, sulfure ammonique, etc.), la couleur rouge du sang artériel fait place à une teinte plus foncée; en même temps les deux raies qui constituent le spectre d'absorption de l'oxyhémoglobine disparaissent et font place à une bande unique située entre les deux précédentes. Cette bande caractérise le spectre de l'hémoglobine réduite; c'est la bande de Stockes.

L'hémoglobine réduite absorbe de nouveau de l'oxygène lorsqu'on l'agite au contact de l'air; il se reforme de l'oxyhémoglobine, et les deux bandes d'absorption situées entre les raies D et E du spectre reparaissent.

L'hémoglobine et l'oxygène se combinent et donnent l'oxyhémoglobine. D'autres gaz se combinent avec l'hémoglobine pour former des composés analogues à l'oxyhémoglobine; on connaît, par exemple, l'hémoglobine oxycarbonée, l'hémoglobine bioxyazotée, isomorphes de l'oxyhé-

moglobine. L'hémoglobine oxycarbonée est plus stable que l'oxyhémoglobine; un courant d'oxygène qu'on fait passer à travers du sang chargé d'oxyde de carbone, ne chasse pas ce gaz. L'hémoglobine bioxyazotée est la plus stable des trois; le bioxyde d'azote déplace l'oxygène de l'oxyhémoglobine et l'oxyde de carbone de l'hémoglobine oxycarbonée, en se substituant à eux. Le sang chargé d'oxyde de carbone est d'un rouge vif et cette couleur ne change pas sous l'influence de l'acide carbonique comme le fait le sang oxygéné qui lui brunit. L'hémoglobine oxycarbonée, exposée à l'air *in vitro*, perd lentement son oxyde de carbone. Les solutions étendues d'hémoglobine oxycarbonée et celles d'hémoglobine bioxyazotée donnent un spectre avec deux bandes d'absorption tout à fait analogues à celles de l'oxyhémoglobine; mais, sous l'influence des agents réducteurs, les bandes d'absorption ne disparaissent pas, même au bout de plusieurs jours, tandis que sous la même influence, celles de l'oxyhémoglobine, au bout de quelques minutes déjà, sont remplacées par une bande unique située entre les deux primitives.

L'hémoglobine bien desséchée peut être chauffée à 100° sans s'altérer ; les solutions d'oxyhémoglobine s'altèrent au contraire rapidement sous l'influence de la chaleur; il se forme de l'albumine coagulée et de l'hématine.

Les alcalis et les acides décomposent vite l'hémoglobine en une matière albuminoïde (globuline de Berzélius) et en hématine. Le carbonate de potasse en poudre précipite l'oxyhémoglobine de ses solutions sans l'altérer; l'ammoniaque caustique décompose très lentement l'hémoglobine. Dans la décomposition de l'oxyhémoglobine en hématine et en substances albuminoïdes, il se produit en outre de petites proportions d'autres composés (acides formique, butyrique, etc.). De même que l'oxyhémoglobine se dédouble sous

l'influence des bases et des acides en hématine et en composés albuminoïdes, de même l'hémoglobine sous l'influence des mêmes réactifs, donne des composés albuminoïdes et de l'hémochrogène (Hoppe-Seyler).

L'oxyhémoglobine se trouve seule dans les globules du sang artériel; le sang veineux renferme à la fois de l'oxyhémoglobine et de l'hémoglobine réduite. On ne connaît pas l'origine de l'hémoglobine; mais, relativement à son élimination, l'on pense qu'elle se transforme en d'autres pigments, surtout en matières colorantes de la bile. Car les acides biliaires dissolvent les globules sanguins; les pigments biliaires se forment dans le foie, où le mouvement du sang est très lent; les causes qui déterminent la destruction de l'hémoglobine du sang font apparaître les pigments biliaires dans la bile; enfin, on rencontre quelquefois dans les anciens foyers hémorrhagiques une matière cristalline rouge, l'hématoïdine, qui paraît être de la bilirubine (matière colorante de la bile).

Hématine ($C^{48}H^{70}Az^{8}Fe^{2}O^{10}$). — L'hématine est un des produits de décomposition de l'oxyhémoglobine. Elle existe dans l'organisme, dans les épanchements sanguins anciens et dans le tube digestif, où elle se forme par l'action de l'acide chlorhydrique du suc gastrique sur l'oxyhémoglobine du sang que renferment les aliments.

On a indiqué plusieurs procédés pour la préparer. Voici celui de Cazeneuve :

On agite du sang défibriné avec deux fois son volume d'éther alcoolisé, renfermant 25 pour 100 d'alcool; le sang se coagule. Au bout de 24 heures, on épuise le coagulum par de l'éther tenant en dissolution 2 p. 100 d'acide oxalique. L'hématine se dissout, on la précipite en neutralisant l'acide oxalique par de l'éther chargé d'ammoniaque, le

précipité est recueilli sur un filtre et lavé successivement à l'eau, à l'alcool et à l'éther.

L'hématine a une couleur noire bleuâtre, à l'éclat métallique. Elle a une forme cristalline mal définie et peut être chauffée à 180° sans se décomposer ; l'eau, l'alcool, l'éther ne la dissolvent pas; elle est un peu soluble dans l'acide acétique cristallisable. L'hématine se combine avec les bases et avec les acides. Les solutions alcalines (aqueuses ou alcooliques) sont dichroïques ; elles sont rouges en couches épaisses et vertes en couches minces ; les solutions acides sont toujours brunes, quelle que soit l'épaisseur de la couche. Les solutions acides d'hématine présentent une bande d'absorption située entre les raies C et D du spectre, mais plus près de la raie C. Si l'on traite l'hématine par les agents réducteurs, elle donne une bande d'absorption qui occupe presque toute l'étendue du jaune et une raie plus étroite placée dans le vert. Chauffée fortement, l'hématine laisse un résidu d'oxyde de fer.

GLOBULES BLANCS.

Ils sont incolores, sphériques et généralement un peu plus gros que les globules rouges ; leur dimension est variable, leur diamètre varie de $0^{mm}0004$ à $0^{mm}0014$. Les leucocytes présentent un noyau entouré d'un protoplasma granuleux qui apparaît nettement par l'action de l'eau pure ou de l'eau aiguisée d'acide acétique; ils semblent identiques aux globules de la lymphe. On les trouve dans le sang des mammifères et des reptiles, en petit nombre ; on compte environ un globule blanc sur 350 à 500 globules rouges; un millimètre cube de sang en renfermerait en moyenne environ 8000. Leur nombre varie beaucoup suivant diverses conditions et surtout dans les divers vaisseaux.

On n'a pu isoler les leucocytes, aussi ne possède-t-on que des données vagues sur leur composition. Leur protoplasma granuleux est formé d'une matière albuminoïde, analogue à la myosine et qui possède la propriété de se dissoudre partiellement dans une solution de chlorure de sodium au 1/10; la solution ainsi obtenue précipite par l'addition de l'eau et se coagule par l'ébullition et les acides. Cette matière protéique se coagule en partie à 40°, elle se gonfle dans l'acide acétique étendu et devient transparente. Les globules blancs paraissent encore contenir une trace d'albumine, des matières albuminoïdes insolubles, des corps gras phosphorés et des sels minéraux.

D'après Schmidt, les leucocytes s'altèrent rapidement et en grande partie après l'émission du sang, avec formation d'un ferment qui joue un rôle dans la coagulation.

HÉMATOBLASTES.

D'après Hayem, les hématoblastes du sang de l'homme et des mammifères sont des éléments très petits, très délicats, peu réfringents et à contour peu visible; leur diamètre est en moyenne chez l'homme de 1,5 à 3/1000 de millimètre. Comme les hématies, ils sont biconcaves; la plupart de ces éléments paraissent incolores ou d'un gris verdâtre, mais un certain nombre d'entre eux, les plus gros en général, sont colorés par l'hémoglobine ; ils sont très altérables. Observés dans le sang pur immédiatement après la sortie du vaisseau, ils deviennent épineux, se plissent et offrent une tendance à se grouper sous forme d'amas, puis ils subissent plus ou moins rapidement et d'une manière continue des altérations physico-chimiques, qui paraissent jouer un rôle important dans la formation de la fibrine. M. Hayem considère les hématoblastes comme de jeunes hématies ; en se développant

ils se colorent et ils se comportent bientôt comme des globules rouges, dont ils ne se distinguent que par les dimensions.

Chez les animaux à la mamelle et chez les enfants, le sang contient, en outre, d'innombrables granulations semblables à celles du chyle ; dans ce cas, le sérum du sang est lactescent (Ranvier).

PLASMA SANGUIN.

La seule méthode, propre à obtenir le plasma et à déterminer rigoureusement la proportion des globules du sang, consiste à laisser reposer, à une assez basse température, un sang peu coagulable, comme le sang de cheval. Nous avons indiqué plus haut, à propos de la séparation des globules et du plasma, comment on devait opérer. On réussit souvent à obtenir un volume de plasma égal à la moitié de celui du sang, mais ce procédé n'est pas applicable au sang d'homme, de bœuf, de mouton, de lapin, etc. Si, en opérant comme Denis, on retarde la coagulation du sang par l'addition soit d'une solution de sulfate de soude, soit d'une solution de chlorure de sodium ou de calcium, on peut de même séparer le plasma des globules soit par décantation, soit par filtration. Mais l'addition de sels étrangers influe non seulement sur la composition du plasma lui-même, mais encore sur celle des globules. 1000 gr. de sang humain renferment de 674 à 603 de plasma.

Le plasma est un liquide alcalin d'un jaune ambré, visqueux, filtrant difficilement. La densité moyenne du plasma humain est de 1,027 à 1,028. Le plasma de cheval, liquide à 0°, se coagule à quelques degrés au-dessus de 0 et donne un caillot de fibrine, ayant d'abord l'aspect d'une gelée trans-

parente, qui se contracte peu à peu, devient opaque et expulse le sérum.

D'après Denis, le plasma renferme une substance spontanément coagulable, qu'il a nommée la plasmine. Après avoir préparé le plasma suivant son procédé et l'avoir décanté, si l'on y ajoute peu à peu de petites quantités de sel marin en poudre tant qu'il peut s'en dissoudre, le tout prend bientôt l'aspect d'une crême claire, remplie de grumeaux. On recueille ces derniers sur un filtre, et on les lave avec une solution saturée de chlorure de sodium, tant que les liqueurs coulent colorées. Il reste sur le filtre une masse molle blanche, formée de granulations amorphes; on dessèche cette substance dans le vide à 40° sur du papier buvard : c'est la plasmine de Denis.

Si l'on prend cette plasmine encore humide et qu'on la délaye dans de l'eau salée, elle s'y dissout d'abord, mais au bout de 5 à 15 minutes cette solution se coagule spontanément, en donnant un caillot incolore. Lorsqu'on presse ce coagulum dans un nouet de linge, il passe un liquide qui renferme en solution une substance albuminoïde soluble, analogue, d'après Denis, à la fibrine du sang dissoute dans le sel marin. Denis désigne cette matière sous le nom de fibrine dissoute. Quant au coagulum qui reste dans le nouet, il présente tous les caractères de la fibrine du sang, modifiée par l'action de l'eau bouilante : c'est la fibrine concrète.

D'après Denis, la plasmine extraite du plasma se transformerait, hors des vaisseaux, en deux substances : la fibrine concrète et la fibrine dissoute, qui est soluble dans l'eau ou le sérum, et ce dédoublement serait, suivant lui, la cause de la coagulation du sang et de la formation de la fibrine.

D'après Denis, 1000 gr. de sang humain peuvent fournir en moyenne, par le chlorure de sodium, 14 gr. 39 de plasmine, qui donnent 2 gr. 2 de fibrine concrète et 12 gr. envi-

ron de fibrine pure dissoute. La chaleur coagule la dissolution salée de plasmine, l'alcool produit le même effet; les acides et les alcalis la précipitent.

COAGULATION DU SANG.

Après sa sortie des vaisseaux, le sang abandonné à lui-même se coagule au bout de quelques minutes. La partie solide est le caillot, la partie liquide le sérum. Le caillot est formé par la fibrine qui, auparavant en dissolution dans le sang, s'en sépare à l'état insoluble, en emprisonnant dans ses mailles les globules sanguins. On la prépare en battant le sang avec des baguettes. La fibrine s'attache aux baguettes en filaments blancs, élastiques; on lave ces filaments à l'eau jusqu'à ce qu'ils soient tout à fait blancs.

La fibrine desséchée est dure, cassante, hygrométrique; elle est insoluble dans l'eau, les solutions de chlorure de sodium et les acides étendus; elle se gonfle dans les solutions de soude caustique; le produit se coagule par la chaleur.

Le caillot se forme d'abord sur les parois et à la partie supérieure du liquide; les aspérités de la surface et les hématoblastes deviennent le point de départ de chaque trabécule. La fibrine, en se séparant à l'état solide au milieu de la masse du sang, est la cause de la coagulation. Elle forme une trame solide, qui enlace dans ses mailles la masse entière du sang, le sérum et les globules, mais elle se rétracte ensuite peu à peu. Le caillot, en se contractant ainsi, durcit et exprime de sa masse le sérum liquide, transparent et ambré, qui bientôt surnage. En même temps, le caillot emprisonne dans ses mailles fibrineuses les éléments cellulaires du sang, les globules rouges et blancs et les hématoblastes; il retient aussi une certaine partie du sérum.

La coagulation du sang est lente chez les individus affaiblis, les femmes et les enfants. Les sangs de chien, d'oiseau, de reptile, se coagulent très vite ; le sang de mouton et surtout celui de cheval se coagulent plus lentement. La coagulation est plus rapide dans le sang artériel que dans le sang veineux ; le sang des épanchements anévrismaux reste quelquefois des semaines sans se coaguler. Après la mort, le sang reste fluide pendant quelque temps dans le cœur et dans les vaisseaux.

Le battage et l'élévation de la température accélèrent la coagulation. L'action de l'oxygène ou de l'air produit le même effet sans qu'on puisse dire que cette action en soit la cause principale, car la coagulation du sang a lieu dans le vide et dans divers gaz, tels que l'hydrogène, l'azote, l'acide carbonique.

La coagulation du sang est retardée par l'abaissement de la température vers 0°, par la richesse du plasma en sels, par l'addition de certains sels, tels que le sulfate de soude, l'azotate de potasse, le chlorure de sodium, le chlorure et l'acétate de potasse, le borax.

Suivant Gautier, il suffit d'ajouter au sang 1 à 2 p. 100 de chlorure de calcium, ou 2 à 3 p. 100 d'un mélange de chlorure d'ammonium et de sulfate de magnésie cristallisé pour retarder beaucoup ou même empêcher la coagulation. En précipitant ensuite la magnésie en ajoutant du phosphate de potasse au plasma demeuré liquide, ce dernier se coagule bientôt.

Lorsqu'on ajoute à du sang frais, maintenu à 8° ou 10°, du chlorure de sodium à la dose de 5 p. 100, on empêche la coagulation. On peut alors séparer les globules du plasma en filtrant et conserver ce dernier à l'état fluide pendant plusieurs semaines : dès qu'on y ajoute de l'eau il se coagule. On peut même l'évaporer dans le vide et porter le résidu à

100° sans lui faire perdre la propriété de donner spontanément un coagulum de fibrine, dès qu'on vient à le traiter par l'eau (Gautier).

On retarde de même la coagulation du sang en y ajoutant avec précaution de petites quantités d'acide acétique ou d'acide azotique, jusqu'à réaction légèrement acide. De petites quantités d'alcali, de carbonate alcalin, d'ammoniaque ou de sucre, produisent le même effet.

Le sang se maintient liquide lorsque, après l'avoir exposé à l'air pendant quelques minutes, on l'introduit de nouveau dans le cœur d'un animal récemment tué. Brücke l'a montré par des expériences très intéressantes.

Ayant tiré du sang d'un animal à une température voisine de 0°, il a introduit de nouveau ce sang au bout de 15', dans le cœur ou dans le gros vaisseau d'un animal récemment tué, et a ensuite suspendu ce cœur ou ce vaisseau, convenablement lié, dans une atmosphère saturée d'humidité à la température ordinaire. Chez les mammifères, le sang se maintenait liquide, dans ces conditions, pendant 4 à 5 heures, c'est-à-dire aussi longtemps que le cœur conservait son irritabilité.

Le sang des animaux à sang froid se maintient liquide dans le cœur pendant 8 jours ; 1 goutte de ce sang ainsi conservé se coagule à l'instant même lorsqu'on l'extrait du cœur Si l'on introduit dans le cœur ou dans un gros vaisseau de l'air, du mercure ou d'autres corps étrangers, le sang ne se coagule qu'au contact immédiat de ces corps. Si l'on y introduit un tube ouvert, les parois seules de ce tube se recouvrent d'une couche de fibrine. Virchow a fait voir également que des corps étrangers introduits dans les vaisseaux vivants produisent autour d'eux la coagulation du sang.

Du sang défibriné introduit dans un cœur de tortue exsangue, mais encore vivant, y acquiert bientôt la propriété de

se coaguler de nouveau. Ces expériences font ressortir l'influence des parois des vaisseaux sur la non coagulation du sang, mais elles n'expliquent en rien la coagulation du sang. On sait que la coagulation du sang n'est due ni au repos, ni au refroidissement, ni à l'air, ni à une perte d'acide carbonique ou d'une trace d'ammoniaque, comme on l'a expérimentalement démontré. Pourquoi le sang ne se coagule-t-il pas dans les vaisseaux et se coagule-t-il hors des vaisseaux ? De nombreuses théories ont été émises sur la cause de la coagulation du sang à sa sortie des vaisseaux ; mais aucune d'elles n'a été jusqu'à présent définitivement démontrée, aussi les passerons-nous sous silence.

SÉRUM DU SANG.

Les matériaux du sérum sont des matériaux du plasma. Les matières albuminoïdes, les matières organiques diverses, les sels, les gaz sont contenus dans le plasma du sang vivant ; après la coagulation, ils se retrouvent dans le sérum.

Le sérum pur est le plasma dépouillé de la fibrine de ce liquide ; pour obtenir le sérum, on laisse le sang se coaguler. Le sérum est exprimé par le caillot tout entier qui se rétracte, mais il arrive souvent que la matière colorante du sang ou même des globules est expulsée avec le sérum et communique à ce dernier sa coloration. Certains physiologistes, supposent en outre, d'après Schmidt, que le ferment de la fibrine, provenant des globules blancs et n'existant pas dans le plasma, passe dans le sérum.

Le sérum est un liquide visqueux, de couleur jaune ambré chez le cheval, rougeâtre chez le bœuf, jaune verdâtre chez l'homme, presque incolore chez le lapin. Il est en général transparent, quelquefois opalescent, trouble, plus ou moins laiteux dans certaines maladies ou après une ingestion abon-

dante d'aliments gras ; par le repos, il laisse alors déposer à la surface une couche crêmeuse composée de globules de graisse. Sa densité chez l'homme varie entre 1,026 et 1,029. Le sérum est alcalin, mais moins que le plasma. 1000 parties de sang donnent de 440 à 525 parties de sérum. On trouve dans le sérum de 90 à 92 p. 100 d'eau chez le bœuf, de 91 à 92 p. 100 chez le mouton, de 88 à 95 p 100 chez l'homme.

Matières albuminoïdes du sérum. —La plus abondante de ces matières est la sérine, analogue à l'albumine du blanc d'œuf. Le sérum renferme en outre d'autres matières albuminoïdes qui s'en précipitent, la première, lorsqu'on étend le sérum de 10 fois son volume d'eau et qu'on y fait passer un courant d'anhydride carbonique ; la deuxième, lorsqu'on neutralise par l'acide acétique le sérum étendu d'eau et déjà traité par l'anhydride carbonique. La première de ces substances est la matière fibrinoplastique ou paraglobuline de Schmidt, la deuxième est la caséine du sérum. La portion du précipité formé par neutralisation par l'acide acétique du sérum étendu d'eau augmente notablement par l'addition d'un sel neutre, tel que le chlorure de sodium (Heynsius), ou le sulfate de magnésie (Denis, Hammarsten). La matière ainsi précipitée a été désignée sous le nom de globuline du sérum (Hoppe-Seyler). Ce physiologiste admet que ces trois matières sont identiques.

La sérine est la substance qui se précipite lorsque le sérum, débarrassé de paraglobuline, globuline ou caséine du sérum, est chauffé de 70° à 75° après avoir étendu d'eau. La sérine se précipite en flocons, et la liqueur filtrée qui est neutre (on l'a neutralisée par l'acide acétique pour la séparation de la caséine du sérum) ne donne par l'acide acétique qu'un précipité insignifiant. Pour que la précipitation soit complète, il est bon que le sérum soit rendu soit légèrement

acide par l'acide acétique. Pour obtenir la sérine aussi pure que possible, il convient de soumettre à la dialyse le sérum étendu d'eau et débarrassé de paraglobuline.

La sérine pure est une matière d'un jaune clair, cassante, transparente, soluble dans l'eau pure; la solution est transparente, épaisse et se coagule par l'éther, l'alcool; le précipité est soluble dans l'eau. La solution est précipitée par l'acétate de plomb.

D'après Denis, la fibrine soluble résultant du dédoublement de la plasmine, reste en dissolution dans le sérum après la séparation de la fibrine concrète. On peut séparer cette fibrine soluble du sérum, en traitant celui-ci, chauffé à 40° ou 50° par un excès de sulfate de magnésie recueillant le précipité, le lavant avec une solution de sulfate de magnésie et le comprimant ensuite entre des doubles de papier: ce corps est la fibrine soluble de Denis. Il se dissout dans un peu d'eau grâce au sulfate de magnésie qu'il renferme, mais il se précipite lorsqu'on étend cette solution avec de l'eau. Les flocons qui se séparent sont insolubles dans l'eau pure et solubles dans l'eau salée. 1 kilog. de sang renfermerait 12 gr. 2 de ce corps.

D'après Hammarsten, cette matière albuminoïde que le sulfate de magnésie précipite du sérum ne serait autre que la globuline du sérum, la sérine restant en dissolution dans la liqueur saline saturée.

Peptones du sérum. — Le sérum du sang de la veine-porte, débarrassé des matières albuminoïdes, renferme au moins pendant la digestion une matière considérée identique avec la peptone. Elle existe en dissolution dans la liqueur obtenue en coagulant les matières albuminoïdes par la chaleur, en présence d'un petit excès d'acide acétique, et séparant le

coagulum par la chaleur. Elle présente les réactions des peptones.

Matières grasses. — La fibrine séparée du plasma et les matières albuminoïdes précipitées par coagulation du sérum renferment toujours des matières grasses dont on peut les débarrasser par l'éther. La solution aqueuse, obtenue par filtration d'un coagulum albumineux, peut retenir aussi une petite quantité de matière grasse neutre et une faible proportion de savons alcalins. Le résidu de l'évaporation de ce liquide et le résidu de l'évaporation du sérum, à une basse température, cèdent à l'éther une petite quantité de graisse neutre ainsi que la cholestérine contenue dans le sérum; le résidu épuisé par l'éther cède à l'alcool une trace de savon alcalin. La quantité de matière grasse que renferme le sérum ne dépasse en général 0 gr. 2 pour 100 et augmente considérablement sous l'influence d'une alimentation grasse; il arrive alors que le sérum est lactescent et s'éclaircit par l'agitation avec l'éther. La nature des corps gras neutres en suspension dans le sérum est à peine connue. L'éther les abandonne, tantôt sous forme de masses poisseuses, tantôt en grumeaux solides, suivant la nature du corps gras ingéré.

Le savon alcalin du sérum renferme les acides oléique, palmitique et stéarique. Malgré l'alcalinité du sérum, M. Berthelot admet qu'une faible proportion de ces acides existe à l'état de liberté; on peut les séparer en agitant le sang ou le sérum avec de l'éther; l'odeur du sang est due en partie à ces acides gras. On a signalé la présence au moins dans le sang, sinon dans le sérum, de petites quantités des acides formique, acétique, butyrique.

Cholestérine et lécithine.— On trouve encore dans le sérum

la cholestérine déjà mentionnée et une certaine quantité de lécithine, dont la proportion augmente dans le sang des animaux gras (Gobley, Hoppe-Seyler). Boudet a extrait du sang une matière cristallisable la séroline. Pour l'obtenir, il a épuisé par l'eau bouillante le sérum desséché, évaporé la solution aqueuse et repris le résidu par l'alcool bouillant : la séroline se dépose en flocons nacrés par le refroidissement. Cette substance existe dans le sang, est soluble dans l'éther et constituée probablement par un mélange de cholestérine et de lécithine. D'après Flint, la séroline serait identique avec la stercorine que ce chimiste a retirée des excréments, n'existerait pas normalement dans le sang et résulterait d'une décomposition de la cholestérine par les réactifs.

Sucre. — Tiedeman et Gemelin d'abord, Thomson et Magendie ensuite, ont constaté la présence d'une petite quantité de matière sucrée dans le sang d'animaux soumis à une alimentation féculente. Claude Bernard et Schmidt ont prouvé que le sucre qui est dissous dans le sérum, existe normalement dans le sang de tous les organes, sauf dans celui de la veine-porte, même chez les carnivores. Ce sucre existe, même à l'état normal, dans le sang de la veine-porte chez les animaux nourris avec de la dextrine ou de l'amidon. M. de Mering a trouvé dans ce sang une matière sucrée qu'il n'a pas retrouvée dans le sang des veines sus-hépatiques. On doit à ce chimiste les déterminations suivantes de sucre dans le sérum du sang de la carotide chez le chien :

Régime	Sucre dans 100 parties du sérum.
Amidon et sucre	0,125 0,235
Pain	0,30
Viande	0,115 0,212
Diète de 44 heures.	0,150

D'après les résultats des analyses de M. de Mering, la proportion de sucre ne paraît pas varier sensiblement dans le sang artériel et dans le sang veineux chez le même animal. Les analyses suivantes de Claude Bernard se rapportent non à du sérum, mais à du sang de chien nourri à la viande :

SUCRE EN 100 PARTIES DE SANG.			
Carotide	Veine jugulaire	Artère crurale	Veine crurale
0,110 à 0,151	0,067 à 0,125	0,125 à 0,145	0,073 à 0,139

Le sucre réducteur du sang n'a pas encore été isolé. On sait seulement qu'il dévie à droite le plan de polarisation de la lumière ; ce sucre est probablement du glucose.

Urée et matières azotées cristallisables. — Le sérum renferme d'autres matières organiques qui sont l'urée, la créatine, la créatinine, la xanthine, l'hypoxanthine (sarcine), les acides urique et hippurique; mais ces matières trouvées dans le sang défibriné n'ont pas encore été isolées du sérum. Elles doivent exister probablement en dissolution dans le plasma et restent mêlées aux matières extractives, derniers résidus incristallisables de l'évaporation de la liqueur aqueuse, qui reste après la séparation des matières albuminoïdes du sérum ou encore de l'extrait alcoolique du sérum. D'après Lehmann, la proportion de ces matières extractives varie entre 0,25 et 0,42 p. 100 de sérum.

La présence de l'urée dans le sang a été signalée par M. Picard et confirmée depuis par beaucoup d'autres observateurs, entre autres Prévost et Dumas. Chez l'homme, 100 gr. contiennent 0 gr. 142 à 0 gr. 117 d'urée ; Babington en a trouvé jusqu'à 15 gr. par litre chez les brigthiques. D'après Gschleiden et Picard, la proportion d'urée serait la même dans le sang des différents vaisseaux, s'élèverait pendant la fièvre et diminuerait pendant l'inanition.

M. Dreschel a signalé récemment la présence dans le sérum des chiens, de l'acide carbonique combiné avec une base. Ayant précipité ce sérum par l'alcool, il a ajouté à la solution alcoolique une petite quantité de chlorure de calcium et puis de la potasse. Le précipité formé a cédé à l'eau du carbonate de chaux. Le carbamate d'ammoniaque (ou carbonate d'ammoniaque anhydre) est l'intermédiaire entre le carbonate d'ammonium et l'urée.

MM. Schérer et Strecker ont trouvé dans le sang de bœuf des traces d'acide urique qui a été rencontré par M. Meissner dans le sang de poules nourries avec de la viande.

La créatine a été retirée, par M. Voit, du sang de bœuf, qui en renfermerait de 0,108 à 0,055 p. 100 et du sang de chien (0,03 à 0,07 p. 100). M. Salomon n'a trouvé que rarement des traces d'hypoxanthine dans le sang frais; il en a toujours trouvé dans le sang de cadavre.

L'acide hippurique signalé dans le sang de bœuf par MM. Verdeil et Dollfus, et dans le sang de l'homme par M. Hervier, n'a pas été retrouvé depuis.

Sels du sérum. — Les sels contenus dans le sérum sont primitivement dissous dans le plasma, à l'exception de la petite quantité d'alcali que la fibrine met en liberté en se coagulant.

On détermine généralement la proportion des matières minérales du sérum par l'incinération. Le sérum du sang d'homme donne 0,88 p. 100 de cendres, celui de sang de femme 0,81 p. 100, le plasma de cheval 0,81 p. 100 d'après Hoppe-Seyler, 0,75 p. 100 d'après M. Weber. Le sérum des animaux arrivés à pleine croissance est plus riche en cendres que celui des jeunes ; le sérum artériel est un peu plus riche que le sérum veineux. Les sérums les plus minéralisés sont ceux de chèvre, de mouton, de chat.

Le sel le plus abondant dans le sérum est le chlorure de sodium; il cristallise par l'évaporation du liquide aqueux après la coagulation des matières albuminoïdes. Le sérum en renferme constamment 5 ou 6 gr. p. 1000.

Le sérum contient des phosphates alcalins et des phosphates alcalino-terreux, qui proviennent en partie de l'incinération des matières albuminoïdes. La lécithine fournit aussi une certaine quantité d'acide phosphorique; les phosphates sont moins abondants dans le sérum que dans les globules. Les cendres du sérum ont une réaction très alcaline, elles font effervescence par les acides et renferment donc des carbonates alcalins. Cet alcali est partiellement contenu dans le sérum et dans le plasma à l'état de bicarbonate, car le sang renferme un excès d'anhydride carbonique: il est donc impossible qu'il y existe de la soude libre.

Le sérum alcalin, débarrassé de l'albumine par l'alcool, se comporte avec le sublimé comme une solution de bicarbonate de soude; il se forme un dépôt cristallin brun d'oxychlorure de mercure, tandis que la soude libre produit avec le sublimé un précipité jaune.

Une certaine partie de l'alcali des cendres provient de la destruction des sels alcalins à acides organiques. 100 gr. de cendres du sérum renferment, d'après Lehmann:

Chlorure de sodium	61,087
— de potassium	4,085
Carbonate de sodium	28,880
Phosphate disodique	3,195
Sulfate de potassium	2,784
	100,031

d'après Schmidt :

	Homme (25 ans)	Femme (35 ans)
Sulfate de potasse.	0,281	0,217
Chlorure de potassium.	0,350	0,447
— de sodium.	5,546	5,659
Phosphate tribasique de sodium. . .	0,271	0,443
— — de calcium .	0,298	0,550
— — de magnésium.	0,218	
Soude.	1,532	1,074

On voit par ces chiffres que le sérum est riche en chlorure de sodium et pauvre en acide phosphorique et en potasse, relativement aux globules sanguins. Le fer ne se rencontre que rarement et en très petite quantité dans les cendres du sérum. On a signalé dans le sérum des traces de cuivre (Millon, Béchamp), et peut-être de plomb et de manganèse (Millon et Burin-Dubuisson).

Gaz du sérum. — Le sérum renferme de l'anhydride carbonique. de l'azote et de l'oxygène, ces deux derniers gaz en très petite quantité. Pour démontrer l'existence de ces gaz et les doser, il faut laisser coaguler le sang dans des éprouvettes remplies de mercure et recueillir le sérum à l'abri du contact de l'air, car, autrement, il absorbe de l'oxygène (Nasse, Fernet). On introduit ensuite le sérum dans une pompe à mercure et on en chasse les gaz en faisant le vide plusieurs fois, en même temps que l'on chauffe à 40°. On expulse ainsi l'acide carbonique simplement dissous et celui qui est faiblement combiné au carbonate et au phosphate sodique. L'addition d'un acide, tel que l'acide tartrique ou l'acide phosphorique, détermine ensuite un dégagement d'anhydrique carbonique qu'on enlève en faisant de nouveau le vide plusieurs fois. MM. Schöffer, Preyer et Pflüger ont fait ces

dans le cœur droit, mais la composition du sang est sujette à d'importantes variations. D'abord, elle n'est pas la même dans les divers vaisseaux chez le même animal; elle peut varier ensuite suivant les conditions physiologiques ou pathologiques, où se trouve un même individu, par exemple, suivant l'âge, le sexe; enfin, elle varie notablement suivant l'espèce de l'animal.

Les invertébrés ont dans leurs vaisseaux un liquide semblable au sang, liquide jaune, vert, orange, rouge, composé d'un plasma souvent coloré et de globules en suspension.

Les vertébrés ont un sang analogue au sang humain ; tous ont des globules rouges renfermant cette même matière colorante albuminoïde et ferrugineuse qui sert à l'hématose, l'hémoglobine. Les nombres suivants donnent en moyenne la proportion des globules secs et de l'eau du sang de divers vertébrés :

	Corpuscules secs pour 1000 gr. sang	Eau pour 1000 gr. sérum
Homme . . .	135	»
Bœuf.	122	912
Poulet.	151	926
Grenouille. .	55	950
Carpe.	82	»

On voit que le sang d'oiseau est le plus riche en globules rouges, celui des animaux à sang froid, le plus pauvre; les quantités de fer et d'hémoglobine varient aussi considérablement pour un même poids de divers sangs et aussi pour un même poids de globules.

L'hémoglobine forme la majeure partie du poids des globules secs dans le sang des mammifères, mais il n'en est plus ainsi pour le sang des oiseaux chez lesquels, on l'a vu, Denis a montré que la globuline formait la plus grande partie des globules rouges. La densité du sang, son odeur, le

poids spécifique du résidu et des globules secs sont en général plus grands chez les animaux mâles. Chez les nouveau-nés, le sang est très riche en matériaux solides et surtout en hémoglobine et en fer; puis le sang s'appauvrit en hémoglobine et devient plus aqueux; l'hémoglobine augmente durant la vie, puis diminue; dans la vieillesse, le sang s'appauvrit en globules et en albumine et devient plus riche en eau, en sels et en fibrine.

On a déjà vu que le sang artériel diffère beaucoup, quant à la composition du sang veineux. Le premier est rouge écarlate, plus riche en oxygène, moins en anhydride carbonique que le sang veineux. Il renferme l'oxyhémoglobine; le sang veineux est rouge brun; il doit cette teinte à l'hémoglobine réduite. La densité du sang artériel est un peu moindre que celle du sang veineux; la densité du sang artériel est 1,053, celle du sang veineux 1,055. Ce fait est en rapport avec la composition des deux sangs; le sang artériel est plus riche en eau qne le sang veineux; le premier est plus coagulable que le second, et l'on attribue cette différence à la proportion plus grande de fibrine dans le sang artériel.

D'après Funke, le sang artériel de cheval renfermerait 2,28 p. 1000 de fibrine, et le sang veineux n'en renfermerait que 1,24. Le plasma du sang artériel contient plus d'eau, plus de fibrine, plus de glucose, moins d'urée, moins de matières grasses, moins de matières extractives et moins de sérum que le plasma du sang veineux.

Sang des diverses veines. — Le sang des diverses veines présente aussi des différences de composition. Le sang de la veine jugulaire renferme, d'après A. Flint, une grande proportion de cholestérine. Le sang de le veine-porte est plus aqueux que celui de la jugulaire, moins riche en globules et plus chargé de graisse; il est le seul qui renferme à peine

déterminations et sont arrivés aux résultats suivants :

100 volumes de sérum de chien renferment les gaz ci-après sous la pression de 1 mèt. à 0.

Total du gaz expulsé par le vide	O et Az. expulsé par le vide	CO^2 expulsé par le vide	CO^2 expulsé par un acide	Total du gaz CO^2
11,28	1,08	10,20	23,77	33,97
17,93	1,87	16,06	16,65	32,71
»	»	16,	»	»

(d'après Schœffer).

On peut admettre, en résumé, que le gaz anhydride carbonique est contenu dans le sérum sous trois états différents : 1° à l'état de dissolution ; 2° à l'état de combinaison chimique faible avec le carbonate et le phosphate alcalins ; 3° à l'état de combinaison avec la soude. La portion dissoute et celle qui est faiblement combinée sont expulsées par le vide ; l'autre n'est chassée que par l'action des acides.

GAZ DU SANG.

Le sang renferme de l'oxygène, de l'anhydride carbonique et de l'azote. Ce dernier gaz y est dissous, les deux autres y sont contenus à l'état de dissolution et à l'état de combinaison. Aussi, le coefficient d'absorption du sang pour l'oxygène et l'anhydride carbonique diffère-t-il beaucoup de celui de l'eau pour les mêmes gaz ; d'un autre côté, leur dissolution dans le sang ne suit pas exactement la loi de Dalton. Les quantités dissoutes ne croissent pas proportionnellement à la pression. Celle-ci exerce pourtant une certaine influence, car, si l'on soustrait cette pression, le sang laisse dégager en plus grande partie l'oxygène, l'anhydride carbonique et l'azote. Pour extraire les gaz du sang, on l'expose dans le vide parfait de la pompe à mercure ; l'expérience est délicate.

En 1799, H. Davy fut le premier qui parvint à extraire du sang par l'action de la chaleur, de l'anhydride carbonique du sang veineux et de l'oxygène du sang artériel. Ce sujet a été traité avec quelque succès par Magnus en 1837; il mit en pratique la méthode qui permet d'extraire par le vide barométrique les gaz du sang. Il démontra l'existence constante dans ce liquide de l'oxygène, de l'anhydride carbonique et de l'azote; mais ses résultats n'étaient pas exacts, ainsi que ceux de Meyer. Il faut arriver aux travaux de Ludwig et de ses élèves, qui soumirent le sang à l'action du vide complet, du vide barométrique dans une sorte de pompe et obtinrent des résultats corrects; 100 volumes de sang laissent dégager les volumes suivants de gaz réduits à 0° et à la pression de 1 mètre:

	Gaz du sang artériel du chien			
	Sestchenow		Schœffer	
	I	II	III	IV
Gaz dégagés dans le vide — Oxygène...	15,05	16,041	11,76	16,95
Azote.....	1,19	1,20	1,66	1,80
Acide carbonique...	20,66	28,27	28,02	26,80
Total	36,90	45,88	41,44	45,55
Acide carbonique combiné.....	2,54	2,32	1,26	0,67
Total du gaz CO^2.	23,20	30,79	29,28	27,47

	Gaz du sang veineux du chien			
	Schœffer			
	I	II	III	IV
Gaz dégagés dans le vide — Oxygène....	4,15	»	9,20	12,61
Azote.....	3,05	»	1,00	1,17
Acide carbonique.....	29,82	34,26	33,05	27,83
Total.....	37,02		43,25	41,61
Acide carbonique combiné.....	5,49	3,81	3,05	1,67
Total du gaz CO^2.	35,31	38,07	36,10	29,50

Le sang des animaux vivant sur les hauts lieux renferme moins d'oxygène, conséquence de la diminution de la tension de ce gaz dans l'air ambiant (Paul Bert).

VARIATION DE COMPOSITION DU SANG.

Les analyses mentionnées plus haut se rapportent au sang normal pris dans un gros vaisseau, en général une veine, ou

des traces de glusose. Le sang des veines sus-hépatiques est plus riche en globules rouges et en globules blancs que les deux premiers; il est plus pauvre en graisse et plus riche en cholestérine et en lécithine que celui de la veine-porte. Celui qui sort du foie contient plus de sucre qu'aucun autre, d'après Claude Bernard ; le sang de la veine splénique est très riche en leucocytes et contient plus d'eau, de fibrine et d'albumine que le sang veineux ordinaire.

Un muscle qui travaille consomme plus d'oxygène qu'un muscle qui est au repos. D'après les expériences de Sczelkom, le muscle en contraction absorbe plus d'oxygène et rend plus d'anhydride carbonique que le muscle au repos.

Sang dans les maladies. — La composition du sang éprouve des changements importants dans un grand nombre de maladies. Les principes qu'il renferme à l'état normal peuvent augmenter ou diminuer, et leurs proportions relatives peuvent se modifier ; ils peuvent aussi subir diverses altérations. Dans d'autres cas des principes anormaux peuvent s'introduire dans le sang.

ANALYSE DU SANG.

L'analyse du sang est une opération délicate et les méthodes qui servent à l'exécuter ont été l'objet d'un grand nombre de travaux. Nous ne mentionnerons pas les plus anciennes qui étaient approximatives, et nous indiquerons seulement celles qui sont usitées aujourd'hui, et qui donnent des résultats plus exacts. Les premières méthodes employées de Prévost et Dumas et de Schérer, avaient pour objet l'analyse de la masse du sang, sans qu'on cherchât préalablement à séparer les globules du plasma; les méthodes

récentes permettent d'évaluer directement la proportion des globules humides par rapport à la masse totale du sang.

Méthode de Hoppe-Seyler. — Ce procédé ne s'applique guère qu'au sang de cheval, qui en se refroidissant, laisse déposer les globules avant la coagulation du plasma. Voici comment on opère :

On abandonne le sang de cheval au repos dans un endroit frais, de manière à laisser les globules se déposer et se séparer autant que possible du plasma. On décante alors avec soin ce dernier, on le pèse et après coagulation, on y dose la fibrine. La couche humide de globules qui s'était précipitée au fond du vase est délayée dans l'eau, et la fibrine provenant de la petite quantité de plasma restée interposée aux globules rouges est à son tour recueillie et pesée. Le poids de cette fibrine permet de calculer le poids proportionnel du plasma resté mélangé aux globules et par différence celui des globules humides.

Méthode de Gautier. — Gautier a fait connaître une méthode propre à déterminer les poids relatifs des globules humides et du plasma ; elle possède sur la précédente l'avantage d'être d'une application générale. On reçoit au sortir de la veine, 20^{cc} de sang dans 4^{cc} d'une solution aqueuse contenant pour 100 parties 10 gr. de chlorure de calcium et 20 gr. de chlorure de sodium. On maintient le tout au repos à une assez basse température. Au bout de 24 heures, on prend le poids de la liqueur, on la jette sur un filtre humecté d'une solution de chlorure de sodium à 10 p. 100; le plasma passe, on le recueille et on le pèse; on a par différence le poids des globules qui sont restés sur le filtre mélangés avec un peu de plasma. On coagule par la chaleur

le plasma mis à part, on filtre, on précipite dans la liqueur le chlorure de calcium par l'ammoniaque et l'oxalate d'ammoniaque, on décante, on filtre, on sèche et l'on pèse l'oxalate de chaux. On fait de même pour les globules, on les délaye dans l'eau, on coagule la solution par la chaleur, on filtre et l'on dose le chlorure de calcium par l'oxalate d'ammonium. On obtient ainsi les poids relatifs de ce sel dans les globules et dans le plasma mis à part, et par conséquent, par une simple proportion, le poids du plasma interposé aux globules. En retranchant du poids brut des globules humides le poids du plasma interposé, on a celui des globules humides

Méthode de Bouchard. — Elle est fondée sur cette observation qu'une solution de sucre de canne d'une densité de 1,026 ne dissout sensiblement aucun des principes constituants des globules, tout en permettant au sang de se coaguler. La composition du sérum additionnée d'eau sucrée peut être comparée à celle du sérum pur. M. Bouchard met à profit cette donnée d'une façon fort ingénieuse pour calculer la quantité totale de sérum.

Pour cela, on recueille deux parties égales de sang (15 gr. par exemple) dans deux capsules tarées dont l'une a reçu au préalable 10 gr. de solution sucrée. On laisse le sang se coaguler dans chacune de ces capsules. Au bout de 12 à 24 heures, on prend avec une pipette 4 gr. environ de chaque sérum, et l'on coagule l'albumine en laissant tomber le sérum goutte à goutte dans de l'eau bouillante aiguisée d'acide acétique. On recueille le coagulum formé dans chaque sérum sur un petit filtre préalablement taré ; on lave d'abord à l'eau, puis à l'alcool, on sèche à 110° et on pèse les deux filtres en opérant avec les précautions ci-dessus indiquées. Un des sérums ayant été additionné d'eau sucrée, on trouvera naturellement des poids d'albumine fort diffé-

rents. Soit le poids de l'albumine de 1 gr. de sérum pur, le poids de l'albumine de 1 gr. de sérum étendu d'eau sucrée, la quantité de sérum contenue dans le sang de chacune des deux capsules (cette quantité est la même, puisqu'on a pris deux poids égaux de sang). On pourra évaluer la quantité de sérum contenue dans les deux capsules en tenant compte de la proportion d'albumine contenue dans chaque sérum :

La capsule A renferme ax d'albumine.

— B — $b(x + n)$ —

Mais ces deux quantités étant égales, on a l'équation :

$$ax = b(x + n) \text{ d'où : } x = \frac{bn}{a - b}$$

On connaît ainsi la quantité x de sérum pour 15 gr. de sang, et par suite pour 100 gr. D'un autre côté, on dose la fibrine dans le caillot de la capsule A, et l'on calcule son poids pour 100 gr. de sang. On a donc le poids du sérum + fibrine ou le poids du plasma de 100 gr. de sang, et par différence celui des globules humides.

Hoppe-Seyler a donné une autre méthode qui permet d'arriver aux mêmes résultats, mais comme elle est très longue et très complexe, nous ne l'indiquerons pas.

Dosage spécial de divers éléments du sang. — On peut avoir intérêt, dans certains cas, à déterminer la proportion d'hémoglobine, de matières grasses, de lécithine, de cholestérine, de glucose et d'urée contenues dans le sang. Ces dosages étant nombreux, assez longs et relativement peu importants nous ne les indiquerons pas et nous renverrons le lecteur au dictionnaire et à la chimie biologique de Wurtz. Nous nous bornerons à dire quelques mots du dosage des gaz du sang.

Dosage des gaz du sang. — L'analyse des gaz du sang se fait par les méthodes connues d'analyse des mélanges gazeux ;

la seule difficulté consiste à extraire rapidement du sang tous les gaz qu'il renferme.

Nous avons dit qu'on les extrayait par la pompe à mercure; mais divers moyens ont été proposés par Ludwig, Pflüger, Hoppe-Seyler, Gréhant et Gautier pour introduire le sang dans l'appareil et l'épuiser rapidement de tous ses gaz.

D'après les recherches de Ludwig,

100 vol. sang artériel donnent	Oxygène 20 vol	Anh carbon. 34,8 vol.	Azote 2 vol.
— veineux —	— 12 —	— 47 —	— 2 —

Dosage dans le sang de l'oxygène libre ou faiblement combiné.— Si l'on ne voulait faire dans le sang qu'un dosage de l'oxygène libre ou faiblement combiné, on pourrait recourir au procédé de Claude Bernard et déplacer par l'oxyde de carbone l'oxygène uni aux globules. MM. Saint-Pierre et Estor ont perfectionné ce procédé en modifiant la façon d'opérer et en évitant tout transvasement gazeux. Ces procédés ne sont qu'approximatifs et donnent comme résultats pas assez d'oxygène et trop d'anhydride carbonique.

Schützenberger et Risler dosent l'oxygène du sang libre ou faiblement combiné à l'hémoglobine d'une manière différente. Leur méthode repose sur ce principe, que si l'on verse dans une solution de carmin d'indigo, préalablement réduit par l'hydrosulfite de chaux, un liquide, tel que le sang, contenant de l'oxygène dissous ou faiblement combiné, une certaine quantité d'indigo réduit, proportionnelle à la quantité d'oxygène, repassera à l'état d'indigo bleu et que l'on pourra doser celui-ci en le décolorant au moyen d'une liqueur titrée d'un hydrosulfite alcalin. Ils ont trouvé pour 100^{cc} de sang 27^{cc} d'oxygène. On trouve ainsi pour l'oxygène des nombres supérieurs de 4 à 5 p. 100 à ceux que fournit l'extraction des gaz par la pompe à mercure (car pendant l'extraction par la pompe, le sang consomme une petite

quantité d'oxygène libre qu'il renferme, ce qui n'a pas lieu pour le procédé de Schützenberger, qui permet de doser presque instantanément tout l'oxygène).

ANALYSE DES TACHES DE SANG.

On a fréquemment à constater en chimie légale la présence des taches de sang, et dans ce cas les propriétés de l'hémoglobine permettent au médecin ou au pharmacien légiste de se prononcer sûrement. Lorsqu'on a à examiner des taches de sang desséchées à la surface d'un objet ou imprégnant une étoffe, on commence par les détacher autant que possible à l'aide d'un petit couteau en ivoire ou on découpe dans l'étoffe la partie imprégnée. On dépose dans un verre de montre ce qu'on a détaché et on fait macérer le tout pendant plusieurs heures dans un peu d'eau pure. On obtient ainsi une solution rougeâtre ou bien un liquide peu coloré, rien ne s'étant dissous. On reconnaît la présence du sang à plusieurs caractères :

1° On examine le liquide rougeâtre au spectroscope. On observe les deux bandes d'absorption du spectre de l'hémoglobine; le liquide, traité par les agents réducteurs, tels que l'hydrogène sulfuré et le sulfhydrate d'ammoniaque, donne la bande d'absorption de Stokes, située entre les deux bandes précédentes.

2° Le liquide rougeâtre est inattaquable par l'ammoniaque et fournit un coagulum brun lorsqu'on le fait bouillir (l'hémoglobine se décompose) ; le coagulum renferme du fer. On s'assure de la présence de ce dernier en incinérant ce coagulum et traitant les cendres par un peu d'acide chlorhydrique. On obtient ainsi une solution de perchlorure de fer, dans laquelle en caractérise le fer à l'aide du ferrocyanure ou du sulfocyanure de potassium,

3° On évapore une partie du liquide rougeâtre dans le vide sec, on y ajoute un peu de chlorure de sodium et puis quelques gouttes d'acide acétique. On fait bouillir le tout et on fait évaporer l'excès d'acide dans une étuve à 100°. On examine le résidu au microscope et on constate la présence de cristaux d'hémine. L'hémine est du chlorhydrate d'hématine ; sa formule est $C^{68}H^{70}Az^{8}Fe^{2}O^{10} + 2HCl$. L'hémine est insoluble dans l'eau et dans l'acide acétique ; aussi ce composé se forme-t-il toutes les fois qu'on fait bouillir du sang avec de l'acide acétique cristallisable, car, dans ce cas, l'oxyhémoglobine est dédoublée en hématine et en matières albuminoïdes. L'hématine mise en liberté est en présence de chlorure de sodium du sang et de l'acide acétique; il se fait une double décomposition entre ces substances et il se forme de l'acétate de soude et du chlorhydrate d'hématine ; celui-ci, insoluble dans l'excès d'acide acétique, se précipite en cristaux microscopiques, sous forme de tables rhomboïdales à angles aigus.

4° On examine le liquide rougeâtre au microscope et l'on tâche d'y observer les globules sanguins, qui se reconnaissent facilement.

5° Lorsqu'en faisant macérer les taches suspectes dans l'eau, on obtient un liquide presque incolore, les taches peuvent être formées par du sang coagulé ou décomposé, ou bien par une autre substance. On ajoute alors une goutte de soude caustique dans laquelle l'hématine provenant de la décomposition de l'hémoglobine se dissout. On opère alors comme dans le second cas.

FIN.

Vu et permis d'imprimer :
Montpellier, le 23 décembre 1886
Le Recteur de l'Académie,
Correspondant de l'Institut,
G. CHANCEL.

Vu :
Le Directeur de l'Ecole,
J.-E. DIACON.

LISTE DES PRÉPARATIONS

Hémoglobine.

Hématine.

Fibrine concrète.

Bitartrate de soude.

Nitrite de potasse.

Manganate de soude.

Sel de seignette.

Benzoate d'ammoniaque.

Pâte de canquoin.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

Journal de pharmacie et de chimie.

Annales de physique et de chimie.

Würtz. — Dictionnaire de chimie.

— Chimie biologique.

Pelouze et Frémy. — Chimie organique.

Becquerel et Rodier. — Chimie pathologique.

Gautier. — Chimie appliquée à la physiologie.

— Travail inédit.

Engel. — Chimie médicale.

Littré et Robin. — Dictionnaire de médecine.

Béclard. — Traité de physiologie.

Denis. — Mémoire sur le sang, Paris 1859.

Strœcker. — *Handwerk der Chemie.*

Estor et Saint-Pierre. — *Journal de l'anatomie et de la physiologie* 1863, t. II, p. 302.

Paul Bert. — Recherches sur l'influence que les modifications de la pression barométrique exercent sur les phénomènes de la vie, p. 155, 157. 1874.

Schützenberger et Risler. — *Bulletin de la Société chimique*, t. XX, p. 150.

Cazeneuve. — Travail inédit 1874.

Picard. — Thèse de Strasbourg, 1856.

Hoppe-Seyler. — *Physiologische Chemie.*

— *Unters Chemischen Analysen*, p. 298.

— *Jaresbuch der Chemie* 1866, p. 749.

Frey. — Traité d'histologie 1870, p. 132.

Virchow. — Archives 1862, p. 563.

Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences.